

# **PENGARUH LEBAR DAN JUMLAH LAPISAN GEOTEKSTIL DENGAN JARAK PONDASI DARI TEPI LERENG 6 CM TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI MENERUS PADA PEMODELAN LERENG $R_c = 74\%$**

**R. Irawan Rachmatullah, As'ad Munawir, Yulvi Zaika**  
**Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang**  
**Jalan MT Haryono 167, Malang 65145, Indonesia**  
**Email: irawanrachmatullah@gmail.com**

## **ABSTRAK**

Harga tanah dan pertumbuhan penduduk adalah beberapa faktor penyebab berdirinya bangunan-bangunan liar hingga menjadi pemukiman kumuh. Oleh karena itu, untuk daerah-daerah seperti itu maka diperlukan perkuatan terhadap tanah lereng. Maka dari itu perlu adanya perkuatan tanah pada lereng berupa geotekstil. Analisa perkuatan dilakukan pada lereng pasir dengan pemadatan relatif 74% dengan variasi lebar perkuatan geotekstil sebesar 0,45H, 0,52H, dan 0,59H dan variasi jumlah lapisan geotekstil yaitu 1,2, dan 3 lapisan. Hasil yang didapatkan semakin lebar perkuatan geotekstil dan semakin banyak jumlah lapisan geotekstil maka nilai daya dukung akan semakin meningkat yang dibuktikan dengan nilai  $BCI_{(u)}$  sebesar 3,109.

Kata kunci: daya dukung, lereng, geotekstil, variasi lebar geotekstil, variasi jumlah lapis perkuatan geotekstil

## **PENDAHULUAN**

Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat menyebabkan kebutuhan akan sandang, pangan, dan papan semakin tinggi. Terutama papan atau tempat tinggal. Permasalahan sebaran penduduk yang sampai saat ini masih belum merata dan terfokus ke kota besar, menjadikan tatanan wilayah kota padat dan akibatnya, muncul pemukiman-pemukiman kumuh di beberapa lokasi salah satunya di tepi lereng atau tepian sungai. Oleh karena itu, untuk daerah-daerah seperti itu maka diperlukan perkuatan terhadap tanah lereng. Salah satu alternatif perkuatan tanah adalah menggunakan geosintetik yang salah satunya adalah geotekstil jenis *woven* karena geotekstil dapat menahan gaya tarik yang tidak dimiliki oleh tanah.

## **TUJUAN**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan daya dukung dan penurunan pondasi menerus pada lereng tanah pasir tanpa perkuatan dan lereng tanah pasir menggunakan perkuatan geotekstil dengan variasi lebar perkuatan

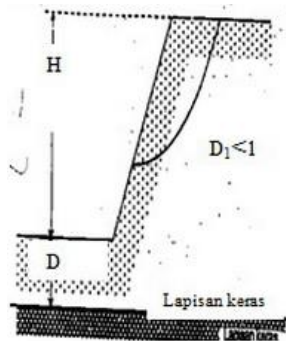
geotekstil dan jumlah lapis perkuatan geotekstil. Kemudian untuk mengetahui apakah ada pengaruh variasi lebar geotekstil terhadap daya dukung pondasi menerus pada lereng tanah pasir yang diperkuat dengan geotekstil serta pengaruh variasi jumlah lapis perkuatan geotekstil terhadap daya dukung pondasi menerus pada lereng tanah pasir yang diperkuat dengan geotekstil. Dan yang terakhir yaitu untuk mengetahui variasi lebar geotekstil dan jumlah lapis perkuatan geotekstil yang paling optimum untuk mengetahui parameter daya dukung batas pondasi menerus pada lereng tanah pasir yang diperkuat dengan geotekstil.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

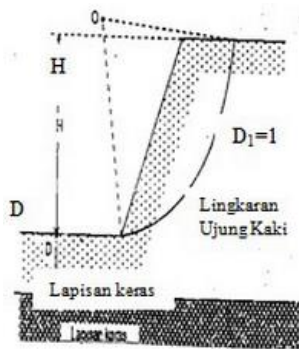
### **Tipe Keruntuhan Lereng**

Pengamatan longsoran atau keruntuhan pada lereng yang dilakukan oleh Collin (1846) menunjukkan bahwa kebanyakan peristiwa kelongsoran tanah terjadi dengan bentuk bidang longsor yang berupa lengkungan. Adapun tipe keruntuhan

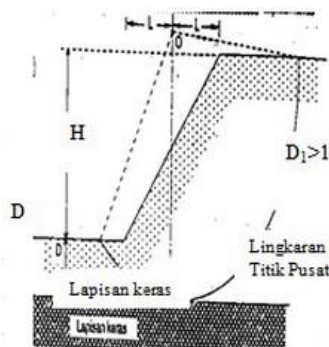
normal pada lereng adalah sebagai berikut :



**Gambar 1** Keruntuhan pada lereng  
(*slope failure*)  
(Sumber : Ir. G. Djatmiko S dk)



**Gambar 2** Keruntuhan pada kaki  
lereng (*toe failure*)  
(Sumber : Ir. G. Djatmiko S dk)



**Gambar 3** Keruntuhan dibawah kaki  
lereng (*base failure*)  
(Sumber : Ir. G. Djatmiko S dk)

Secara umum, longsor pada lereng disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Bertambahnya tegangan yang bekerja
2. Berkurangnya kuat geser material

## Geotekstil

Dalam struktur yang berkaitan dengan tanah, geotekstil mempunyai 4 fungsi utama yaitu:

- a. Filtrasi dan Drainase
- b. Proteksi (*erosion control*)
- c. Separator
- d. Perkuatan (*Reinforcement*)

Pengaruh pemakaian geotekstil pada tanah antara lain :

- Dapat mempengaruhi mode runtuh, penempatan geotekstil pada tanah mempunyai efek memperkuat subgrade dan memperkecil keruntuhan.
- Geotekstil dapat menyediakan tahanan (*restrain*) dari agregat dan subgrade jika ditempatkan pada batas keduanya (*interface*). Hal ini menimbulkan peningkatan kapasitas distribusi beban yang terkadang memiliki efek sebagaimana pelat.
- Akan timbul aksi membrane ketika terjadi friksi antara subgrade dan geotekstil disekitar daerah yang dibebani cukup besar, hingga dapat berperan sebagai anker. Resultan keatas gaya tarik yang timbul tersebut mendukung beban dan mengurangi tegangan yang terjadi pada subgrade.

## Teori Daya Dukung

Daya dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang gesernya. Analisis-analisis daya dukung dilakukan dengan cara pendekatan untuk memudahkan hitungan. Persamaan yang dibuat dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan. Analisisnya dilakukan dengan menganggap bahwa tanah berkelakuan sebagai bahan yang

bersifat plastis. Konsep ini pertama kali dikenalkan oleh Prandtl (1921), yang kemudian dikembangkan oleh Terzaghi (1943), Meyerhof (1955) dan lainnya (Hardiyatmo, H.C., 2011:110-111).

### **Bearing Capacity Improvement (BCI)**

*Bearing Capacity Improvement* (BCI) adalah rasio perbandingan antara daya dukung tanah yang diberi perkuatan dan daya dukung tanah tanpa perkuatan. Nilai tersebut dapat didapat berdasarkan dua hal berikut ini yaitu daya dukung pada saat ultimit ( $BCI_u$ ) dan daya dukung pada penurunan yang sama ( $BCI_s$ ).

### **Daya Dukung Pondasi Dangkal di Atas Lereng Tanpa Perkuatan**

Analisis daya dukung pondasi dangkal di atas lereng tanpa perkuatan dapat menggunakan dua analisis pendekatan dengan solusi Hansen dan Vesic dan metode Shields (1990)

### **Meyerhof**

Untuk tanah pasir, Meyerhof menyatakan daya dukung pondasi menerus di atas lereng dengan persamaan:

$$q_u = \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma q}$$

### **Solusi Hansen**

Persamaan yang dikembangkan oleh Hansen (1970) menunjukkan hasil temuan teoritis maupun eksperimental baik yang didapatkan maupun kontribusi dari penelitian sebelumnya seperti yang dilakukan Terzaghi. Dalam persamaan yang dikembangkan oleh Hansen memperhatikan pengaruh-pengaruh bentuk pondasi, kedalaman, kemiringan beban, kemiringan dasar dan kemiringan permukaan tanah.

$$q_u = c N_c S_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q S_q d_q i_q g_q b_q + \gamma \frac{B}{2} N_{\gamma} S_{\gamma} d_{\gamma} i_{\gamma} g_{\gamma} b_{\gamma}$$

Dimana,

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \cdot \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_{\gamma} = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi$$

$S_c, S_q, S_{\gamma}$  = faktor bentuk pondasi

$d_c, d_q, d_{\gamma}$  = faktor kedalaman

$i_c, i_q, i_{\gamma}$  = faktor kemiringan beban

$g_c, g_q, g_{\gamma}$  = faktor kemiringan

permukaan tanah

Untuk pondasi tepat di tepi lereng:

$$g_q = g_{\gamma} = (1 - 0,5 \tan \beta)^5$$

$b_c, b_q, b_{\gamma}$  = faktor kemiringan alas

### **Metode Shields (1990)**

*Shields* bersama dengan peneliti lainnya telah mencoba melakukan penelitian terhadap faktor daya dukung  $N_{\gamma q}$  untuk sebuah pondasi pada lereng yang memiliki sudut geser yang rendah. Pada penelitian yang dilakukan oleh *Shields* ia menggunakan pemodelan *box* pasir berukuran besar dengan panjang 15 m dan lebar 2 m dan tinggi 2,2 m. Sebuah lereng dengan perbandingan H : V yaitu 2 : 1 dipilih sebagai pemodelan karena dianggap ukuran tersebut adalah uluran standar dari sebuah lereng, lereng dibuat dengan faktor-faktor penentu yang ada. Dari percobaan tersebut *Shields* melaporkan prosentase daya dukung tanah datar yang ia temukan dengan menggunakan persamaan *Gemperline* untuk menghitung nilai  $N_{\gamma q}$  dan menggunakan persamaan daya dukung Meyerhof untuk tanah datar.

Adapun persamaan *Gemperline* adalah sebagai berikut :

$$N_{\gamma q} = f_{\phi} \times f_{\beta} \times f_{D/B} \times f_{B/L} \times f_{D/B, B/L} \times f_{\beta, b/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \times f_{\beta, b/B, B/L}$$

Dengan :

$\phi$	: sudut geser dalam tanah ( $^{\circ}$ )
$\beta$	: sudut kemiringan lereng ( $^{\circ}$ )
B	: lebar pondasi (inchi)
D	: kedalaman pondasi (inchi)
L	: panjang pondasi (inchi)
b	: jarak pondasi ke puncak lereng (inchi)
$f_{\phi}$	: $10^{(0,1159\phi - 2,386)}$
$f_{\beta}$	: $10^{(0,34 - 0,2 \log B)}$
$f_{D/B}$	: $1 + 0,65 (D/B)$

$$qu = \frac{Pu}{A}$$

Dengan:

Pu: beban maksimum yang dicatat saat uji pembebanan

A: luas permukaan pondasi

Untuk mengetahui pengaruh penggunaan geotekstil sebagai perkuatan lereng dalam meningkatkan daya dukung dilakukan analisis *Bearing Capacity Improvement (BCI)*. Nilai *BCI* diperoleh dengan rumus:

$$BCI = \frac{qu \text{ lereng dengan perkuatan}}{qu \text{ lereng tanpa perkuatan}}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Daya Dukung Tanah Lereng Tanpa Perkuatan

Untuk lereng tanpa perkuatan, terdapat beberapa cara pendekatan perhitungan secara analitik yang dapat digunakan yaitu meliputi metode Shields (1990) dan Metode Hansen. Daya dukung yang diperoleh dari kedua metode tersebut disajikan dalam tabel berikut:

**Tabel 2** Nilai daya dukung berdasar analitik dan eksperimen

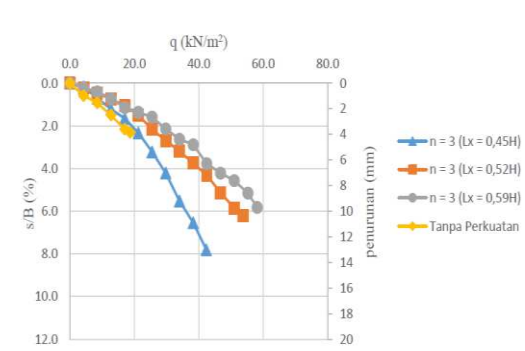
Jarak Pondasi (d/B)	Metode		
	Eksperimen (qu)	Shields (qu)	Hansen (qu)
	kN/m <sup>2</sup>		
1	18.707	15.021	11.502

### Analisis Daya Dukung untuk Lereng dengan Perkuatan pada Variasi Jarak Pondasi dari Tepi Lereng

Berdasarkan hasil percobaan di laboratorium dan setelah dianalisis, didapatkan nilai peningkatan daya dukung yang terbesar yaitu pada variasi lebar geotekstil 0,59H dan jumlah lapisan sebanyak 3 lapis. Berikut hasil analisis ditunjukkan pada tabel dan grafik berikut:

**Tabel 3** Nilai daya dukung dan penurunan lereng dengan variasi lebar geotekstil terhadap jumlah lapis geotestil

No.	Jumlah Lapisan Geotekstil (n)	Lebar (L/H)	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (Kg)	q (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	1	0,45	3.880	171	0.2908
2		0,52	5.720	277	0.4711
3		0,59	7.310	324	0.5510
4	2	0,45	3.705	191	0.3248
5		0,52	6.015	303	0.5153
6		0,59	7.605	333	0.5663
7	3	0,45	7.805	249	0.4235
8		0,52	6.210	316	0.5374
9		0,59	9.700	342	0.5816

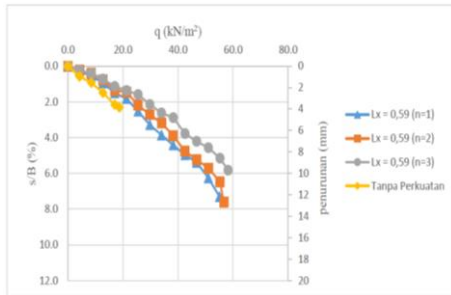


**Gambar 5** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan variasi lebar geotekstil terhadap jumlah lapis geotestil

Kemudian untuk hasil analisis penurunan dan daya dukung pada variasi jumlah lapis geotekstil terhadap lebar geotekstil, dapat ditunjukkan pada tabel dan grafik berikut:

**Tabel 4** Nilai daya dukung dan penurunan lereng dengan variasi jumlah lapis geotestil terhadap lebar geotekstil

No.	Lebar (L/H)	Jumlah Lapisan Geotekstil (n)	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (Kg)	q (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	0,45	1	3.880	171	0.2908
2		2	3.705	191	0.3248
3		3	7.805	249	0.4235
4	0,52	1	5.720	277	0.4711
5		2	6.015	303	0.5153
6		3	6.210	316	0.5374
7	0,59	1	7.310	324	0.5510
8		2	7.605	333	0.5663
9		3	9.700	342	0.5816



**Gambar 6** Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng dengan variasi lebar geotekstil terhadap jumlah lapis geotekstil

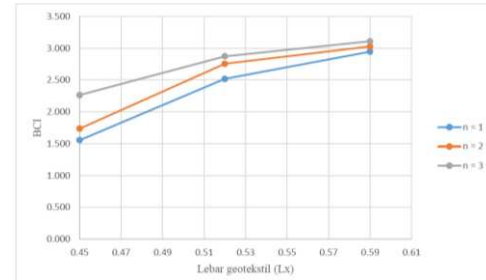
### Analisis *Bearing Capacity Improvement* Berdasarkan Daya Dukung Ultimit ( $BCI_{(u)}$ )

Analisis ( $BCI_{(u)}$ ) adalah analisis perbandingan antara beban runtuh maksimum saat diberi perkuatan geotekstil dengan beban runtuh maksimum tanpa perkuatan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui nilai peningkatan daya dukung yang terjadi akibat adanya pemberian perkuatan geotekstil.

Hasil analisis nilai  $BCI_{(u)}$  untuk variasi lebar geotekstil dan jumlah lapis geotekstil ditunjukkan pada tabel dan grafik berikut:

**Tabel 5** Nilai  $BCI_{(u)}$  untuk variasi lebar geotekstil dengan jumlah lapis geotekstil

No.	Jumlah lapisan Geotekstil (n)	Lebar (L/H)	q lereng tanpa perkuatan (kN/m <sup>2</sup> )	q lereng dengan perkuatan (kN/m <sup>2</sup> )	BCI	Persentase peningkatan (%)
1	1	0.45	18.707	29.082	1.555	0.62
2		0.52		47.109	2.518	
3		0.59		55.102	2.945	
4	2	0.45		32.483	1.736	0.59
5		0.52		51.531	2.755	
6		0.59		56.633	3.027	
7	3	0.45		42.347	2.264	0.27
8		0.52		53.741	2.873	
9		0.59		58.163	3.109	
					<b>Rata-rata</b>	<b>0.30</b>



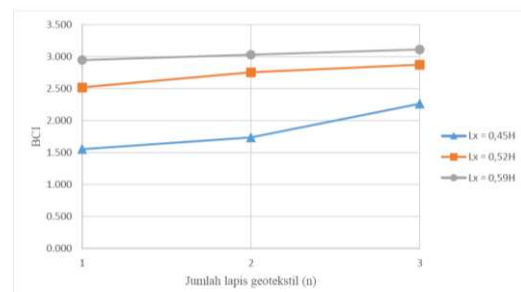
**Gambar 7** Grafik nilai  $BCI_{(u)}$  untuk variasi lebar geotekstil dengan jumlah lapis geotekstil

Diperoleh bahwa variasi lebar geotekstil meningkatkan daya dukung lereng. Hal ini ditunjukkan dengan nilai ( $BCI_{(u)}$ ) lebih besar dari 1. Adapun nilai ( $BCI_{(u)}$ ) paling maksimum pada penelitian ini diperoleh pada geotekstil dengan lebar 0,59H dengan jumlah lapis perkuatan sebanyak 3 lapis.

Kemudian hasil analisis nilai  $BCI_{(u)}$  untuk variasi jumlah lapis geotekstil terhadap lebar geotekstil ditunjukkan pada tabel dan grafik berikut:

**Tabel 6** Nilai  $BCI_{(u)}$  untuk variasi jumlah lapis geotekstil terhadap lebar geotekstil

No.	Lebar (L/H)	Jumlah lapisan Geotekstil (n)	q lereng tanpa perkuatan (kN/m <sup>2</sup> )	q lereng dengan perkuatan (kN/m <sup>2</sup> )	BCI	Persentase peningkatan (%)
1	0,45	1	18.707	29.082	1.555	0.12
2		2		32.483	1.736	
3		3		42.347	2.264	
4	1	47.109		2.518	0.09	
5	2	51.531		2.755		
6	3	53.741		2.873		
7	0,52	1		55.102	2.945	0.03
8		2		56.633	3.027	
9		3		58.163	3.109	
					<b>Rata-rata</b>	<b>0.10</b>



**Gambar 8** Grafik nilai  $BCI_{(u)}$  untuk variasi jumlah lapis geotekstil terhadap lebar geotekstil



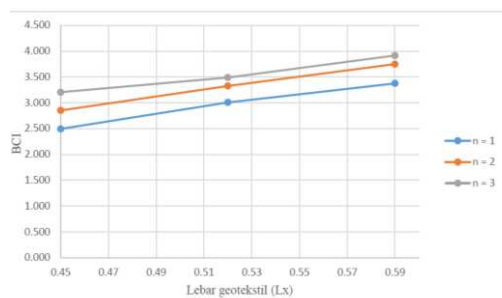
## Analisis *Bearing Capacity Improvement* Berdasarkan Penurunan ( $BCI_s$ )

Analisis ( $BCI_s$ ) adalah suatu analisis perbandingan antara beban runtuh saat penurunan yang sama antara daya dukung yang diberi perkuatan geotekstil dengan tanpa perkuatan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui nilai peningkatan daya dukung yang terjadi pada penurunan yang sama akibat adanya perkuatan geotekstil.

Hasil analisis nilai  $BCI_s$  untuk variasi lebar geotekstil terhadap jumlah lapis geotekstil saat mencapai nilai penurunan 1,2 mm ( $s/B = 2\%$ ), 2,4 mm ( $s/B = 4\%$ ), dan 3,6 mm ( $s/B = 6\%$ ) disajikan pada tabel dan grafik berikut:

**Tabel 7** Nilai ( $BCI_s$ ) untuk variasi lebar geotekstil ( $s/B=2\%$ )

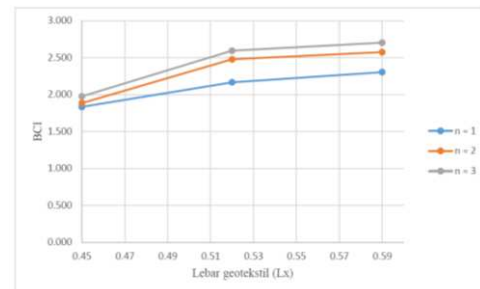
No.	Jumlah lapisan Geotekstil (n)	Lebar (L/H)	q lereng tanpa perkuatan (kN/m <sup>2</sup> )	q lereng dengan perkuatan (kN/m <sup>2</sup> )	BCI
1	1	0.45	6.125	15.273	2.494
2		0.52		18.419	3.007
3		0.59		20.673	3.375
4	2	0.45		17.464	2.851
5		0.52		20.367	3.325
6		0.59		22.954	3.748
7	3	0.45		19.627	3.204
8		0.52		21.367	3.489
9		0.59		23.975	3.914



**Gambar 9** Grafik perbandingan peningkatan ( $BCI_s$ ) untuk variasi lebar geotekstil ( $s/B=2\%$ )

**Tabel 8** Nilai ( $BCI_s$ ) untuk variasi lebar geotekstil ( $s/B=4\%$ )

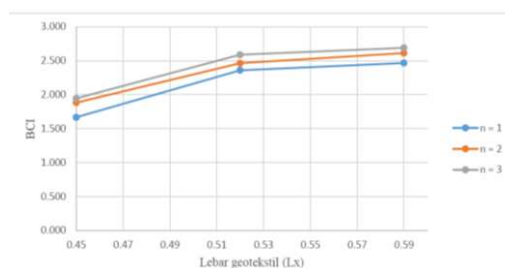
No.	Jumlah lapisan Geotekstil (n)	Lebar (L/H)	q lereng tanpa perkuatan (kN/m <sup>2</sup> )	q lereng dengan perkuatan (kN/m <sup>2</sup> )	BCI
1	1	0.45	12.493	22.908	1.834
2		0.52		27.057	2.166
3		0.59		28.778	2.304
4	2	0.45		23.548	1.885
5		0.52		30.947	2.477
6		0.59		32.169	2.575
7	3	0.45		24.675	1.975
8		0.52		32.404	2.594
9		0.59		33.769	2.703



**Gambar 10** Grafik perbandingan peningkatan ( $BCI_s$ ) untuk variasi lebar geotekstil ( $s/B=4\%$ )

**Tabel 9** Nilai ( $BCI_s$ ) untuk variasi lebar geotekstil ( $s/B=6\%$ )

No.	Jumlah lapisan Geotekstil (n)	Lebar (L/H)	q lereng tanpa perkuatan (kN/m <sup>2</sup> )	q lereng dengan perkuatan (kN/m <sup>2</sup> )	BCI
1	1	0.45	17.070	28.466	1.668
2		0.52		40.279	2.360
3		0.59		42.107	2.467
4	2	0.45		32.149	1.883
5		0.52		42.050	2.463
6		0.59		44.584	2.612
7	3	0.45		33.204	1.945
8		0.52		44.174	2.588
9		0.59		45.912	2.690



**Gambar 11** Grafik perbandingan peningkatan ( $BCI_s$ ) untuk variasi lebar geotekstil ( $s/B=6\%$ )

## KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada penelitian model lereng dengan melihat pengaruh variasi lebar geotekstil dan jumlah lapis geotekstil dengan jarak pondasi dari tepi lereng 6cm terhadap daya dukung pada pemodelan fisik lereng pasir Rc 74%, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh geotekstil pada daya dukung lereng tanpa perkuatan dengan lereng perkuatan geotekstil mengalami peningkatan yang dapat dibuktikan pada nilai  $BCI_{(qu)}$ .
2. Lebar geotekstil yang digunakan sebagai perkuatan pada lereng tanah pasir, maka semakin meningkatkan daya dukung lereng.
3. Untuk variasi jumlah lapis geotekstil, semakin banyak jumlah lapis geotekstil maka semakin besar daya dukung lereng yang dibuktikan dengan hasil pengujian.
4. Pada penelitian ini, menurut hasil pengujian lebar geotekstil paling terbaik adalah 41,3cm ( $L_x=0,59H$ ). Sedangkan untuk untuk jumlah lapis geotekstil yang meningkatkan daya dukung lereng tanah pasir paling maksimum diantara variasi yang digunakan yaitu sebanyak 3 lapis geotekstil.
5. Berdasarkan nilai  $BCI_u$ , peningkatan yang terjadi pada lereng dengan variasi lebar geotekstil lebih besar dibandingkan dengan lereng dengan variasi jumlah lapis geotekstil dengan nilai peningkatan  $BCI_u$  sebesar 0,3% pada tiap peningkatan lebar perkuatannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chen, Qiming. 2007. *An Experimental Study On Characteristics And Behavior Of Reinforced Soil Foundation*. Disertasi. Tidak diterbitkan. The Department of Civil and Environmental Engineering. Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College. China
- Craig RF.1989. *Mekanika Tanah*. Edisi Keempat. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Das BM. 2009. *Shallow Foundations*. Second Edition. Taylor & Francis Group, USA
- Endrayana MR. 2008. *Pengaruh Geotekstil terhadap Kuat Geser Pada Tanah Lempung Lunak Dengan Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi*. Skripsi. Tidak diterbitkan. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Jakarta
- Fitri WN. 2013. *Pengaruh Penempatan Pondasi dan Kemiringan Lereng Terhadap Daya Dukung Pondasi Pada Pemodelan Fisik Lereng Pasir*. Skripsi. Tidak diterbitkan. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Malang
- Hoang, Le CV, Nguyen VPQ,Truong TP. *Bearing Capacity of Footing Strip Resting On Slope Using Upper Bound Limit Analysis*. 2012. Journal of Engineering Technology and Education The 2012 International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD2012)
- Indrawahyuni H, Munawir A, Damayanti I. *Pengaruh Variasi Kepadatan Pada Permodelan Menggunakan Tanah Pasir Berlempung Terhadap Stabilitas Lereng*. Jurnal Rekayasa Sipil, 2009. Volume 3, No.3, hal 192-308



- Munawir A, Dewi M, Zaika Y, Soehardjono A. *Bearing Capacity on Slope Modeling with Composite Bamboo Pile Reinforcement 2013*. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958, Volume-2, Issue-5, June 2013
- Terzaghi K, Peck RB. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Jilid 1. Edisi Kedua. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Yun Hu, Zhang G, Zhang JM, Lee CF. Centrifuge modeling of geotextile-reinforced cohesive slopes. 2009. *Geotextiles and Geomembranes* 28 (2010) 12–22